

**PENGARUH PENAMBAHAN *EM-4* DAN UREA DALAM
CAMPURAN BAHAN KERING DAN LIMBAH CAIR TEMPE
TERHADAP PRODUKSI DAN NILAI KALOR BIOGAS PADA
DIGESTER**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

HARJO DWI SAPUTRO

D 200 110 044

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PENAMBAHAN *EM-4* DAN UREA DALAM CAMPURAN
BAHAN KERING DAN LIMBAH CAIR TEMPE TERHADAP PRODUKSI
DAN NILAI KALOR BIOGAS PADA DIGESTER**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

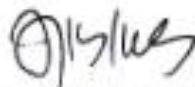
HARJO DWI SAPUTRO

D 200 110 044

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Nur Akli, ST, M.Eng.

NIK. 198703012005011001

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN EM-4 DAN UREA DALAM CAMPURAN BAHAN KERING DAN LIMBAH CAIR TEMPE TERHADAP PRODUKSI DAN NILAI KALOR BIOGAS PADA DIGESTER

OLEH

HARJO DWI SAPUTRO

D 200 110 044

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 30 Desember 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Nur Akdis, ST, M.Eng.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Wijianto, ST, M.Eng, Sc.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Sartono Patro, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Dr. Seti Sumartono, MT, Ph.D
NIK. 682

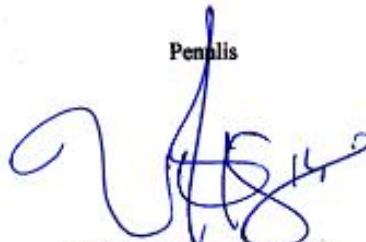
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Desember 2016

Penulis



HARJO DWI SAPUTRO

D 200 110 044

PENGARUH PENAMBAHAN *EM-4* DAN UREA DALAM CAMPURAN BAHAN KERING DAN LIMBAH CAIR TEMPE TERHADAP PRODUKSI DAN NILAI KALOR BIOGAS PADA DIGESTER

Abstrak

Biogas adalah hasil dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob gas yang dihasilkan sebagian besar gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat pembuatan biogas (*digeseter*) dalam skala kecil tipe *batch*, menentukan pengaruh urea dan *EM-4* pada campuran limbah cair tempe dan sekam padi dengan perbandingan 4:1 yang paling optimal pada biogas, serta mengetahui seberapa besar nilai kalor yang dihasilkan. Variasi campuran dari pengujian ini adalah penambahan 0% Urea dan *EM-4*, 1% Urea, 1% *EM-4*, dan 1% urea + *EM-4*. Pengujian ini dimulai dengan merancang tabung digester, kemudian melakukan perakitan instalasi tabung digester dengan ukuran tabung 120 L dan komponen lainnya. Selanjutnya dilakukan proses pengecekan terhadap semua komponen instalasi sebelum dilakukan pengujian. Kemudian dilakukan proses pengisian bahan baku berupa limbah cair tempe dan sekam padi sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan serta ditambahkan bahan pendukung pembusukan yaitu Urea dan *EM-4*. Proses fermentasi dilakukan selama 30 hari, dilakukan pengadukan terhadap isian bahan baku selama 10 menit setiap 2 kali sehari. Dari hasil pengujian didapatkan produksi biogas tertinggi adalah sebesar 0,0223 kg yang dihasilkan dari campuran penambahan 1% Urea + *EM-4*, sedangkan produksi biogas terendah adalah sebesar 0,0139 kg yang dihasilkan dari campuran tanpa penambahan Urea dan *EM-4*. Nilai kalor biogas tertinggi dihasilkan dari campuran penambahan 1% Urea + *EM-4*, dengan nilai kalor sebesar 663,19 Kj. Sedangkan nilai kalor terkecil didapatkan pada campuran tanpa penambahan Urea dan *EM-4*, yaitu sebesar 364,52 Kj. Dapat disimpulkan campuran yang paling optimal adalah 1% Urea + *EM-4* pada 80% limbah cair tempa dan 20% sekam padi.

Kata Kunci: biogas, tabung digester, limbah cair tempe, sekam padi, urea, *EM-4*.

Abstract

Biogas is the result of fermentation of organic material by bacteria anaerobic. It produces gas which are mostly methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2). The purpose of this study are 1) to design a tool for making biogas (*digeseter*) on a small scale batch type, 2) to determine the effect of urea and *EM-4* on a mixture of *tempe* liquid waste and rice husks with a ratio of 4: 1 which is optimal on biogas, and 3) to know how much the heat value which is produced. Variations of the mixture in this test are the addition of 0% Urea and *EM-4*, 1% urea, 1% *EM-4*, and 1% urea + *EM-4*. This test is begun by designing the digester tube, and then performing the installation assembly digester tube which its size 120 L and other components. After that, the next step is checking process on all components of the installation prior to the tests. The next step is charging process of raw materials such as *tempe* liquid waste and rice husks based on predetermined composition. It

is also added by supporting material for decaying. Those are Urea and EM-4. The fermentation process is carried out for 30 days. It is stirred the contents of raw materials for 10 minutes twice a day. The result shows that the highest biogas production is 0.0223 kg which is produced by mixture with addition of 1% urea + EM-4, while the lowest biogas production is 0.0139 kg which is produced by mixtures without any addition of urea and EM-4. The highest heat value of biogas which is produced by mixture with addition of 1% urea + EM-4 is 663.19 Kj. While, the smallest heat value which is produced by mixture without addition of urea and EM-4 is 364.52 Kj. It can be concluded that the most optimal mixture is 1% Urea + EM-4 at 80% on *tempe* liquid waste and 20% on rice husks.

Keywords: biogas, digester tube, *tempe* liquid waste, rice husks, urea, EM-4

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi biomassa adalah biogas, hal ini dikarenakan biogas tergolong ke dalam energi yang berasal dari bahan- bahan organik (bahan non fosil) yang umumnya berasal dari berbagai limbah organik seperti, kotoran manusia, kotoran hewan, sisa-sisa tumbuhan dan lain sebagainya. Keberadaan limbah-limbah organik tersebut ramah lingkungan. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor utama biogas dipertimbangkan sebagai sumber energi masa depan. Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri- bakteri anerob gas yang dihasilkan sebagian besar gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan gas yang jumlahnya kecil. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi CH_4 . Semakin tinggi kandungan CH_4 maka semakin besar kandungan energi pada biogas, dan sebaiknya (Pambudi, 2008).

Salah satu hal yang mempengaruhi produksi gas metana / CH_4 di dalam biogas adalah hubungan antara jumlah karbon (C) dan nitrogen (N) yang terdapat pada bahan organik dinyatakan dalam terminologi rasio C-N.. *Effective Microorganism 4* (EM-4) merupakan bakteri pengurai yang dapat membantu pembusukan sampah organik (Maman Suparman, 1994:3). Sedangkan urea adalah senyawa dengan rumus kimia CON_2H_4 dimana kandungan nitrogennya mencapai 46%.

Salah satu limbah organik yang mengandung kandungan konsentrasi CH_4 tinggi adalah limbah cair *tempe*. Dan bahan organik yang mempunyai rasio C-

N tinggi adalah sekam padi. Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras, sekam padi akan terpih dari butiran beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Kadar karbon (C) pada sekam padi sebesar 38,9 % dan kadar nitrogen (N) dalam sekam padi sebesar 0,6 %.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis melakukan rancang bangun alat konversi limbah cair tempe menjadi biogas dengan campuran sekam padi menggunakan perbandingan 4:1, dan variasi pengujian menggunakan campuran urea dan *EM-4*. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen untuk mengetahui pengaruh penambahan 0% urea+ *EM-4*, 1% urea, 1% *EM-4*, dan 1% urea+ *EM-4* yang digunakan terhadap produksi dan nilai kalor biogas, membandingkan produksi dan nilai kalor biogas yang dihasilkan dari empat variasi campuran fermentator (urea+ *EM-4*) serta menganalisa faktor apa saja yang berpengaruh terhadap produksi dan nilai kalor biogas.

Limbah cair produksi tempe memiliki nilai guna yang mungkin dapat terpikirkan oleh masyarakat adalah menggunakannya untuk pakan hewan ternak. Namun, ternyata limbah cair produksi tempe ini apabila diproses dengan benar dapat menjadi sumber energi untuk masyarakat. Dengan perangkat sederhana, limbah cair produksi tempe akhirnya berhasil dijadikan gas metan.

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diinginkan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang alat pembuatan *biogas* (digester) dalam skala kecil atau skala rumah tangga.
2. Untuk mengetahui waktu efektif digester dalam menghasilkan *biogas* dengan pengaruh dari campuran bahan kimia tambahan *EM-4*, Urea, dan (*EM-4* + Urea).
3. Untuk mengetahui seberapa besar nilai kalor yang dihasilkan dari digester *biogas* dengan variasi campuran bahan kimia tambahan.

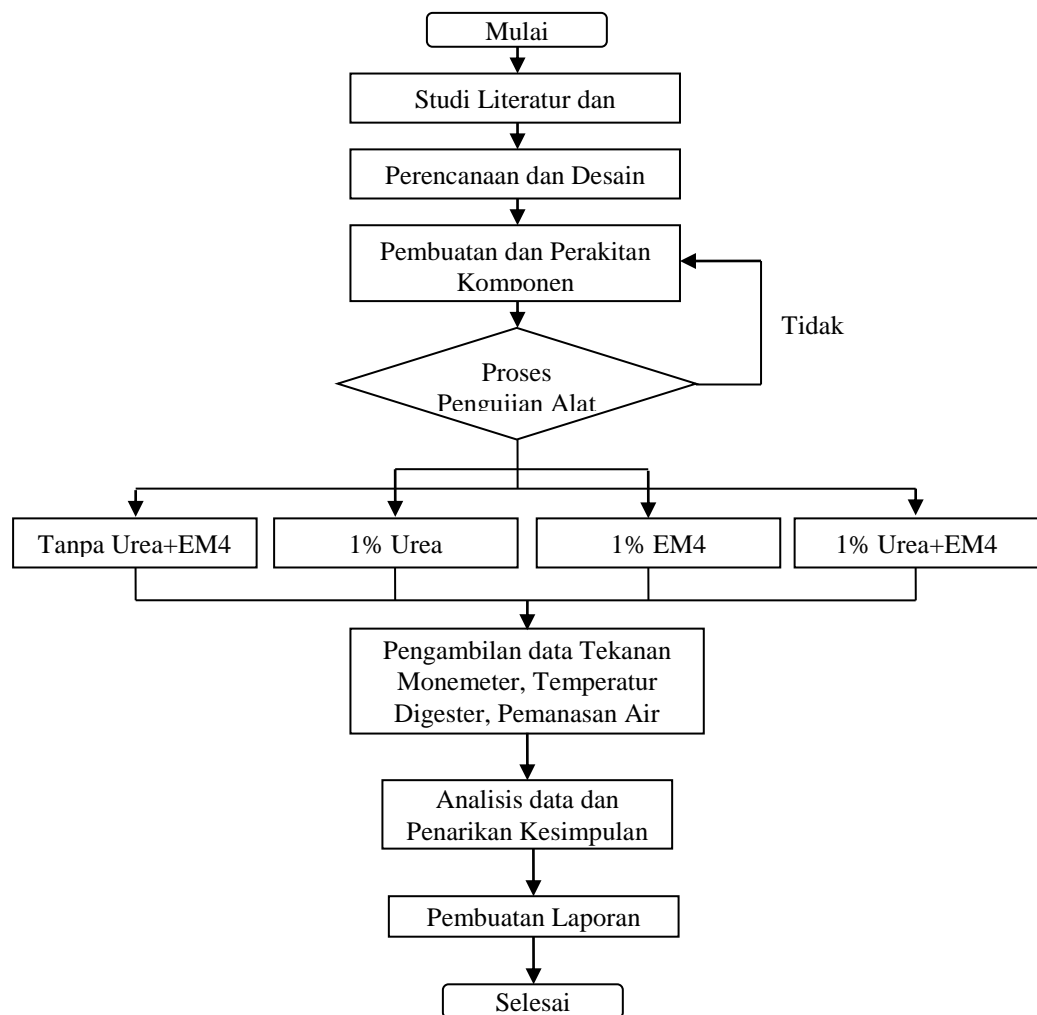
1.2 Batasan Masalah

1. *Biodigester* yang digunakan berkapasitas 120 L.

2. Tipe *biodigester* yang digunakan adalah tipe *batch*.
3. Pengujian *biodigester* dilakukan dengan komposisi 1:4 antara sekam padi dan limbah cair tempe.
4. Pengujian *biodigester* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UMS, dengan variasi penambahan EM4, Urea, dan EM4+Urea sebanyak 1% .

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian erat kaitannya dengan alat apa saja yang digunakan, prosedur yang dipakai, serta skema alur penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan tahapan penelitian ini mengalir sesuai alur dibawah ini. Pada penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir agar lebih mudah dipahami.



Dari diagram alir diatas dapat dijelaskan proses penelitian :

1. Studi pustaka dan literatur.

Pada tahapan ini peneliti mencari beberapa penelitian yang terdahulu dan juga jurnal-jurnal yang dibutuhkan guna mendukung penelitian ini agar acuannya sesuai dengan penelitian-penelitian yang sudah ada.

2. Perancangan dan desain.

Dalam perancangan dan pembuatan biodigester terdapat beberapa tahapan, yaitu:

- a. Tabung biodigester dibuat dari drum plastik bekas kapasitas 120 L. Pada bagian atasnya diberi tutup biodigester untuk menghindari kebocoran. Pertama drum biodigester di cat hitam supaya terisolasi untuk menghindari perpindahan kalor dari dalam tabung ke luar lingkungan.
- b. Pada bagian tutup biodigester di buat lubang untuk tempat As pengadukan, lubang untuk termometer, lubang untuk masuk bahan isian, lubang untuk keluar gas menggunakan bor tangan.
- c. Pada bagian dalam biodigester terdapat As pengaduk dan plat bentuk silang, berfungsi untuk penahan dari As pengaduk.
- d. Pada bagian bawah terdapat lubang untuk proses keluarnya bahan isian ketika proses fermentasi sudah selesai.
- e. Gas keluar dari bagian tutup biodigester akan diteruskan ke manometer, untuk mengukur tekanan yang ada didalam biodigester.

3. Pembuatan alat dan perakitan.

Proses pembuatan komponen biodigester dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

4. Pengujian biodigester.

Pengujian biodigester ini dilakukan setelah selesai dibuat dan dilakukan pengisian bahan baku, lama fermentasi 27 hari.

5. Pengambilan data.

Proses pengambilan data dilakukan selama pengujian dari awal sampai akhir yang meliputi sebagai berikut :

- a. Temperatur tabung digester, ketinggian air manometer, temperatur air pada saat dilakukan pembakaran.
6. Analisa data dan penarikan kesimpulan.
 - a. Analisa data perbedaan ketinggian air manometer terhadap variasi campuran bahan isian.
 - b. Analisa data perbedaan massa biogas pada saat pembakaran terhadap variasi campuran bahan isian.
7. Penyusunan dan pembuatan laporan.

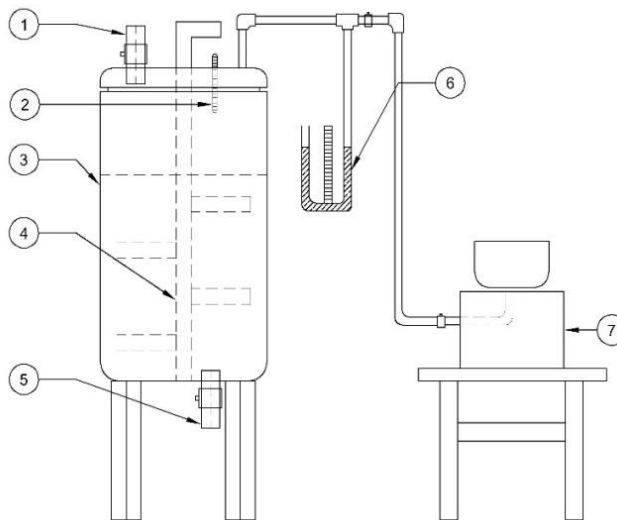
2.1 Pengujian

Waktu dan lokasi pengujian :

Tanggal : 9 Nopember – 6 Desember 2015

Tempat : Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

2.2 Instalasi Pengujian



Gambar 1. Instalasi Pengujian

2.3 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Katup inlet
Berfungsi sebagai lubang pemasukan bahan isian.

2. Termometer
Berfungsi untuk mengukur temperatur dalam tabung digester.
3. Tabung digester
Berfungsi sebagai tempat fermentasi mikroorganisme yang akan menghaikan gas metana.
4. Pengaduk
Berfungsi untuk mengaduk bahan isian supaya tercampur secara homogen selama proses fermentasi berlangsung.
5. Katup outlet
Berfungsi sebagai lubang untuk proses keluarnya bahan isian ketika proses fermentai sudah selesai.
6. Manometer
Berfungsi untuk mengetahui tekanan yang ada didalam tabung digester.
7. Kompor modifikasi
Kompor gas LPG buatan pabrik yang telah dimodifikasi digunakan sebagai media pembakar gas.
8. Timbangan digital
Berfungsi untuk menakar kebutuhan bahan isian yang akan dimasukkan kedalam tabung digester.
9. Gelas ukur
Berfungsi untuk menakar volume sekam padi yang akan di masukkan kedalam tabung digester.
10. Stopwatch
Berfungsi untuk mencatat waktu saat pengambilan data.

2.4 Bahan Penelitian

1. Limbah cair tempe
2. Sekam padi
3. Air
4. Urea
5. *Effective Microorganism-4 (EM-4)*

2.5 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan tabung digester type batch, untuk memperoleh hasil yang baik maka harus dilakukan prosedur sebagai berikut :

1. Periksa kelengkapan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Menakar kebutuhan variasi campuran bahan isian dengan komposisi 80% limbah cair tempe dan 20% sekam padi.
3. Menambahkan campuran pendukung dengan variasi 0% Urea dan *EM-4*, 1% Urea, 1% *EM-4*, dan 1% Urea+*EM-4*.
4. Menutup katup inlet, memastikan tidak adanya kebocoran dalam tabung digester.
5. Melakukan proses pengadukan selama waktu fermentasi, 2 kali dalam sehari selama 10 menit. Pengadukann dilakukan pada saat pagi dan sore hari.
6. Mengamati kenaikan air manometer yag terjadi selama proses fermentasi berlangsung, dan di ambil data kenaiakan air manometer.
7. Pada saat proses pengujian pembakaran, buka katup penyalur gas metana nyalakan pembakaran.
8. Ambil data perubahan air manometer ketika pembakaran terjadi.
9. Memanaskan air 0,5 kg dari suhu 27°C sampai 35±°C.
10. Melakukan percobaan yang sama untuk penelitian berikutnya.
11. Bersihkan alat dan rapikan kembali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, beberapa data didapatkan yaitu :

Tabel 1. Massa Harian Biogas

ΔH Air Manometer (mm) pada 80% LCT dan 20% SP				
Hari	0% EM4, 0% Urea	1% EM4, 0% Urea	0% EM4, 1% Urea	0.5% EM4, 0.5% Urea
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	2	1
4	0	2	5	7
5	3	9	12	19
6	6	19	18	30
7	16	28	27	41
8	29	37	36	49
9	41	47	45	58
10	53	58	53	71
11	62	66	60	80
12	76	77	69	93
13	89	89	77	102
14	97	101	85	111
15	106	113	94	124
16	115	125	105	138
17	130	137	117	150
18	141	150	123	164
19	153	164	130	178
20	164	177	145	189
21	176	191	154	198
22	188	205	165	215
23	198	220	177	230
24	213	233	189	246

25	216	240	196	261
26	212	238	205	275
27	202	230	217	288
28	199	224	226	301
29	195	223	238	308
30	193	220	245	307

Pada tabel diatas menunjukkan perbandingan massa gas terhadap waktu pada 4 variasi campuran bahan isian dapat dilihat massa harian biogas tertinggi dihasilkan dari variasi campuran 0.5% EM4 dan 0.5% Urea mencapai 308 mm. Massa harian biogas terendah pada variasi campuran 0% EM4 dan 0% Urea yaitu sebesar 216 mm.

Dari data ketinggian air pada manometer diatas maka dapat dicari tekanan harian. *biogas* (pascal) N/m^2 menggunakan persamaan di bawah, sebagai contoh adalah manometer variasi A pada hari ke-5 berikut :

$$P = P_a + \rho g (\Delta h)$$

Diketahui

$$P_a = 1 \text{ atm (Tidak digunakan karena katup terbuka)}$$

$$\rho_{\text{fluida}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta h = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$$

Ditanya

$$P = \text{Tekanan Gas dalam digester (N/m}^2\text{) (pascal)?}$$

Penyelesaian

$$P = (1000 \times 9,81 \times 0,003)$$

$$P = 29,43 \text{ N/m}^2$$

Jadi tekanan harian pada hari ke-5 variasi A adalah sebesar $29,43 \text{ N/m}^2$. Berikut adalah data tekanan harian *biogas* dalam 30 hari pada digester semua variasi :

Tabel 2. Data Tekanan Harian Biogas (pascal) N/m²

Hari	Tekanan Harian Biogas (Pa) N/m ²			
	0% EM4, 0% Urea	1% EM4, 0% Urea	0% EM4, 1% Urea	0,5% EM4, 0,5% Urea
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	19,62	9,81
4	0	19,62	49,05	68,67
5	29,43	88,29	117,72	186,39
6	58,86	186,39	176,58	294,30
7	156,96	274,68	264,87	402,21
8	284,49	362,97	353,16	480,69
9	402,21	461,07	441,45	568,98
10	519,93	568,98	519,93	696,51
11	608,22	647,46	588,60	784,80
12	745,56	755,37	676,89	912,33
13	873,09	873,09	755,37	1000,62
14	951,57	990,81	833,85	1088,91
15	1039,86	1108,53	922,14	1216,44
16	1128,15	1226,25	1030,05	1353,78
17	1275,30	1343,97	1147,77	1471,50
18	1383,21	1471,50	1206,63	1608,84
19	1500,93	1608,84	1275,30	1746,18
20	1608,84	1736,37	1402,83	1854,09
21	1726,56	1873,71	1510,74	1942,38
22	1844,28	2011,05	1618,65	2109,15
23	1942,38	2158,20	1736,37	2256,30
24	2089,53	2285,73	1854,09	2413,26
25	2118,96	2354,40	1922,76	2560,41
26	2079,72	2334,78	2011,05	2697,75
27	1981,62	2256,30	2128,77	2825,28
28	1952,19	2197,44	2217,06	2952,81
29	1912,95	2187,63	2334,78	3021,48
30	1893,33	2158,20	2403,45	3011,67

Dari data diatas dapat dicari massa harian *biogas* yang dihasilkan, contoh perhitungan dibawah adalah hasil produksi *biogas* variasi A pada hari ke-5 :

$$PV = nRT$$

Diketahui :

$$P = 29,43 \text{ N/m}^2$$

$$V = 0,0715 \text{ m}^3$$

$$T = 26^{\circ} \text{ C} = 299^{\circ} \text{ K}$$

$$R = \text{konstanta gas } 518 \text{ (Nm/Kg}^{\circ}\text{K)}$$

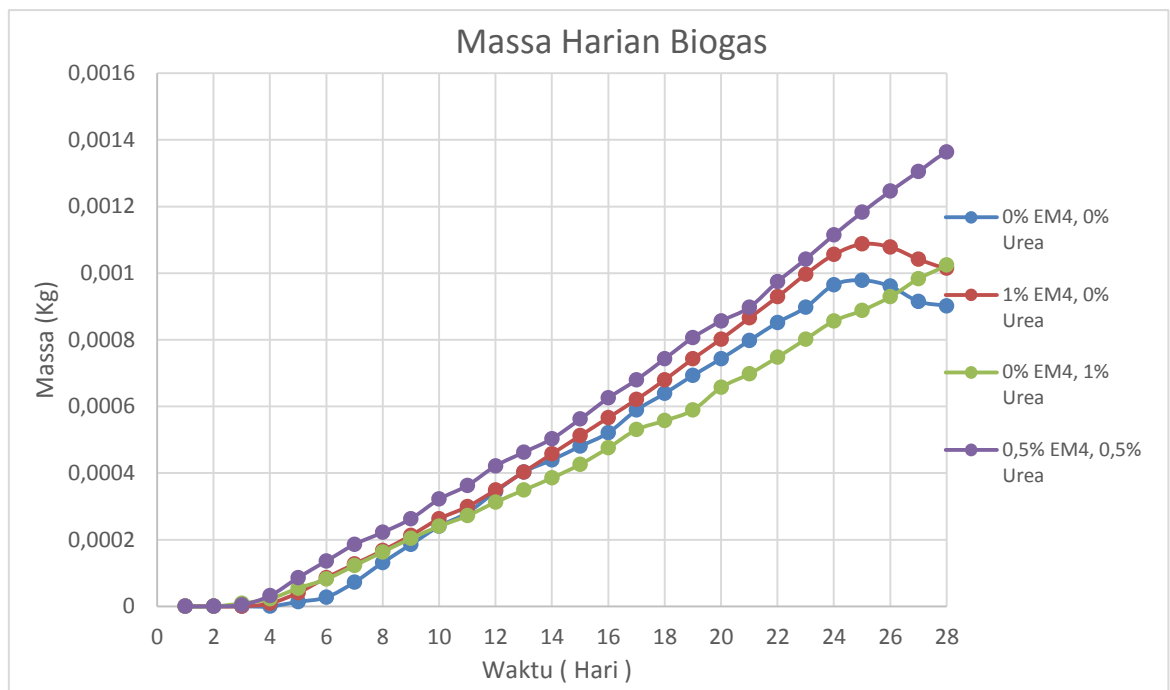
Dicari

$$n = \text{molar gas?}$$

Solusi :

$$\begin{aligned} n &= \frac{PV}{RT} \\ &= \frac{29,43 \times 0,0715}{518 \times 229} \\ &= 0,000014 \text{ kg} \end{aligned}$$

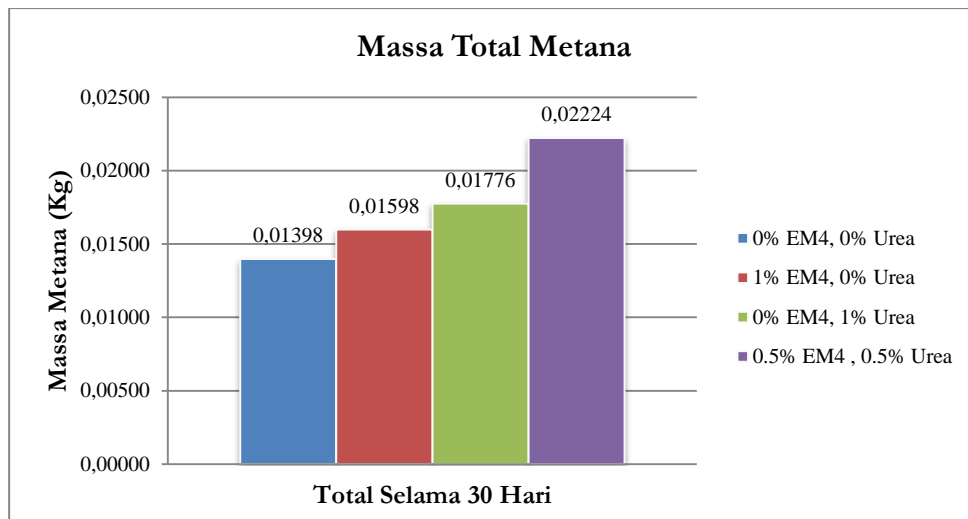
Molar gas ini menunjukkan massa harian digester, data selengkapnya ditampilkan pada grafik berikut :



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu dengan Massa *Biogas*

Persamaan massa total *biogas* masing-masing variasi pada hari ke-30 atau hari terakhir :

$$m = n \cdot Mr$$

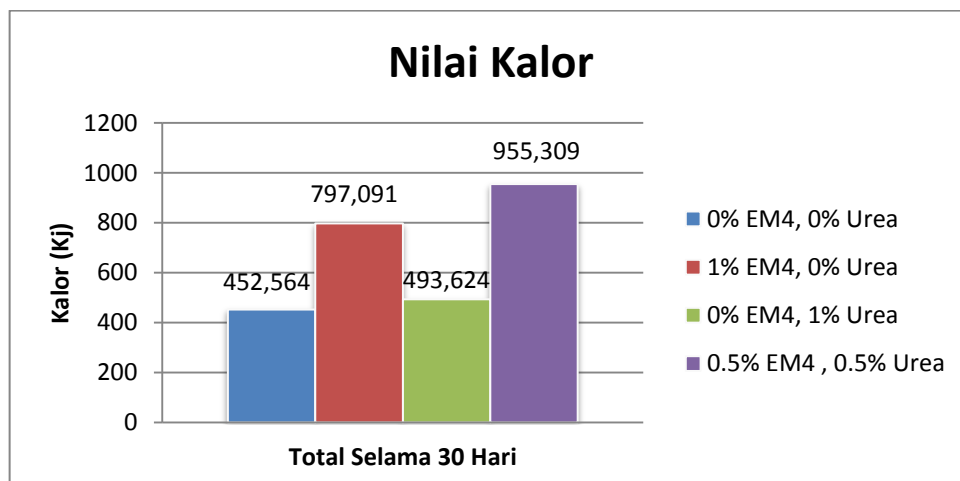


Gambar 3. Histogram Massa Total

Dari gambar dapat diketahui massa total gas setiap variasi berbeda pada variasi 0.5% EM-4 dan 0.5% Urea memiliki massa total paling tinggi yaitu 0,0224 kg. Massa total terendah pada variasi campuran 0% EM-4 dan 0% Urea sebesar 0,01398 kg.

Setelah ditemukan massa nya maka dapat dicari nilai kalor nya menggunakan persamaan berikut :

$$Q = \left(\frac{m_{air} \cdot C_p \cdot \Delta T}{\Delta m_{bb}} \right) m_{total}$$



Gambar 4. Histogram Nilai Kalor

Tabel 3. Data perubahan massa *biogas*

Variasi Campuran 80% LCT, 20% SP	Suhu (°C)			Massa <i>Biogas</i> (Kg)			Massa Total (Kg)	Nilai Kalor (Kj)
	T1	T2	ΔT	Sebelum	Sesudah	Δ massa BB		
0% EM4, 0% Urea	27	35	8	0,00087	0,00029	0,00058	0,0157	452,564
1% EM4, 0% Urea	27	35	8	0,00100	0,00062	0,00038	0,0179	797,091
0% EM4, 1% Urea	27	35	8	0,00111	0,00043	0,00068	0,0199	493,624
0,5% EM4, 0,5% Urea	27	35	8	0,00139	0,00095	0,00044	0,0250	955,309

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh, maka didapatkan hasil bahwa :

1. Produksi biogas tertinggi adalah sebesar 0,001395 kg yang dihasilkan dari campuran 4, sedangkan produksi biogas terendah adalah sebesar 0,000979 kg yang dihasilkan dari campuran 1.
2. Nilai kalor biogas tertinggi dihasilkan dari campuran 4. Dengan nilai kalor sebesar 663,190 Kj. Sedangkan nilai kalor terkecil didapatkan pada campuran 1, yaitu sebesar 364,525 Kj.
3. Berdasarkan keterangan kesimpulan diatas campuran 80% limbah cair tempe dan 20% sekam padi yang kemudian ditambahkan 0.5% EM4 dan 0.5% Urea merupakan campuran yang paling optimal dibandingkan campuran yang lain.

4.2 Saran

1. Diperlukan kapasitas tabung reaktor yang lebih besar untuk menghasilkan produksi biogas yang lebih banyak .
2. Diperlukan pengujian dengan persentase fermentator yang bervariasi agar ditemukan jumlah campuran terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Wakhid, 2016, *Rancang Bangun Alat Konversi Biogas Limbah Cair Tempe Dan Pengujian Dengan Penambahan Variasi Campuran Sekam Padi*, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Aldino Ovan, Y K. Indra Kuswiatmaja, 2014, *Pemanfaatan Limbah Pertanian (Jerami) Dan Kotoran Sapi Menjadi Biogas*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Destilia Anggraini, 2012, *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan Dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik*, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Harahap, F., M. Apandi, S. Ginting, 1980, *Teknologi Gas Bio*, Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung.
- I Putu Awing Wiratmana, 2012, *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering Terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi*, Universitas Uduyana, Bali.
- Kharistya Amaru, 2004, *Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil*, Universitas Padjajaran, Bandung.
- N. Nadliriyah, Triwikantoro, 2013, *Pemurnian Produk Biogas dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$* , Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- O'Callghan. Paul, 1993, *Energy Management*, McGraw-Hill International Edition, England.
- Pradila Nurmania, 2012, *Agitasi Limbah Cair Tapioka Dan Tahu Dalam Digester Anaerob Sistem Curah Untuk Produksi Biogas*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.